



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 165 996** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁷ **C 22 C 21/10**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99120980/02, 05.10.1999

(24) Effective date for property rights: 05.10.1999

(43) Application published: 27.04.2001

(46) Date of publication: 27.04.2001

(98) Mail address:
107005, Moskva, ul. Radio, 17, VIAM,
general'nomu direktoru Kablovu E.N.

(71) Applicant:
Gosudarstvennoe predpriyatie "Vserossijskij
nauchno-issledovatel'skij institut
aviatsionnykh materialov"

(72) Inventor: Fridljander I.N.,
Senatorova O.G., Tkachenko E.A., Kablov E.N.

(73) Proprietor:
Gosudarstvennoe predpriyatie "Vserossijskij
nauchno-issledovatel'skij institut
aviatsionnykh materialov"

(54) **HIGHLY STRONG ALUMINIUM-BASED ALLOY AND PRODUCT THEREOF**

(57) Abstract:

FIELD: construction materials in
aviacoustic engineering and transport
vehicles. SUBSTANCE: highly strong
Al-Zn-Mg-Cu-based alloy comprises, wt.%;
zinc, 5.0-7.0; magnesium, 1.8-2.8; copper,
1.4- 2.0; chromium, 0.1-0.25 iron,
0.05-0.25; titanium, 0.005-0.07; silicon,
0.02-0.1; manganese, 0.2-0.6; and the

balance, manganese to chromium ratio being
more or equal to 1.3. Iron to silicon ratio
is more or equal to 1.5. EFFECT: improved
technological characteristics of alloy
during casting, cracking resistance,
plasticity, corrosion resistance and desired
level of strength for all types of
semiproductions. 4 cl, 1 ex, 2 tbl



(19) **RU** (11) **2 165 996** (13) **C1**
(51) МПК⁷ **C 22 C 21/10**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99120980/02, 05.10.1999

(24) Дата начала действия патента: 05.10.1999

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2001

(46) Дата публикации: 27.04.2001

(56) Ссылки: Отраслевой стандарт ОСТ1 90026-80
"СПЛАВЫ АЛЮМИНИЕВЫЕ
ДЕФОРМИРУЕМЫЕ ПОВЫШЕННОЙ ЧИСТОТЫ.
МАРКИ". - М., 1950, с.2. RU 2122041 C1,
24.09.1999. RU 2044098 C1, 20.09.1995. US
4863528 A, 05.09.1989. JP 04013836 A,
17.01.1992.

(98) Адрес для переписки:
107005, Москва, ул. Радио, 17, ВИАМ,
генеральному директору Каблову Е.Н.

(71) Заявитель:

Государственное предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
авиационных материалов"

(72) Изобретатель: Фридляндер И.Н.,
Сенаторова О.Г., Ткаченко Е.А., Каблов Е.Н.

(73) Патентообладатель:

Государственное предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
авиационных материалов"

(54) **ВЫСОКОПРОЧНЫЙ СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ИЗДЕЛИЕ, ВЫПОЛНЕННОЕ ИЗ НЕГО**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сплавам на
основе системы Al-Zn-Mg-Cu,
предназначенным для применения в качестве
основного конструкционного материала в
авиакосмической технике и транспортных
средствах. Технической задачей изобретения
является создание сплава с повышенными
характеристиками технологичности при литье,
трещиностойкости, пластичности,
коррозионной стойкости, при высоком уровне
прочности, необходимом для силовых
элементов широкого назначения из всех видов

полуфабрикатов. Для решения поставленной
задачи высокопрочный сплав системы
Al-Zn-Mg-Cu содержит следующие
компоненты, мас. %: цинк 5,0-7,0, магний
1,8-2,8, медь 1,4-2,0, хром 0,1-0,25, железо
0,05-0,25, титан 0,005-0,07, кремний
0,02-0,1, марганец 0,2-0,6, алюминий -
основа, при этом отношение марганца к хрому
более или равно 1,5. Возможно также
соблюдение соотношения содержания между
железом и кремнием - более или равно 1,5. 2
с. и 1 з.п. ф-лы. 2 табл.

Изобретение относится к области цветной металлургии сплавов на основе алюминия, в частности высокопрочных сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu, используемых в качестве основного конструкционного материала в авиакосмической технике, а также в транспортном машиностроении.

Известен высокопрочный алюминиевый сплав на основе системы Al-Zn-Mg-Cu, который имеет следующий химический состав, мас.% [1]:

Цинк - 6,5-7,3
Магний - 1,6-2,2
Медь - 0,8 -1,2
Железо - 0,2-0,4
Алюминий - основа

Недостатком этого сплава является сравнительно невысокий уровень прочности и вязкости разрушения. Сплав предназначен преимущественно для деталей внутреннего силового набора (шпангоуты, фитинги и др.) из массивных кованных полуфабрикатов, что ограничивает его применение в изделиях.

Наиболее близким аналогом, взятым за прототип, является высокопрочный сплав на основе алюминия системы Al-Zn-Mg-Cu, имеющий следующий химический состав, мас.% [2, 3]:

Цинк - 5,2-6,2
Магний - 1,9-2,5
Медь - 1,2-1,9
Хром - 0,18-0,25
Железо - $\leq 0,12$
Титан - $\leq 0,06$
Кремний - $\leq 0,10$
Марганец - $\leq 0,06$
Алюминий - основа

Недостатки этого сплава заключаются в следующем:

- пониженные литейные свойства, что может приводить к образованию трещин в крупных слитках при охлаждении их поверхности водой в процессе непрерывного литья;

- повышенная склонность к появлению в структуре грубых включений первичных хромосодержащих интерметаллидов, снижающих характеристики трещиностойкости и пластичности;

- пониженная коррозионная стойкость в состоянии максимального упрочнения;

- недостаточно высокая прочность.

Сплав имеет узкое назначение - катаные полуфабрикаты (листы, плиты) для деталей типа обшивок, что ограничивает объем его использования в изделиях.

Технической задачей настоящего изобретения является создание сплава с повышенными характеристиками технологичности при литье, трещиностойкости, пластичности, коррозионной стойкости при высоком уровне прочности, необходимом для силовых элементов широкого назначения из всех видов полуфабрикатов для изделий авиакосмической техники и транспортного машиностроения.

Для достижения поставленной технической задачи предложенный высокопрочный сплав на основе системы Al-Zn-Mg-Cu дополнительно содержит марганец при следующем соотношении компонентов, мас.%:

Цинк - 5,0-7,0
Магний - 1,8-2,8
Медь - 1,4-2,0

Хром - 0,1-0,25
Железо - 0,05-0,25
Титан - 0,005-0,07
Кремний - 0,02-0,1
Марганец - 0,2-0,6

Алюминий - основа

при этом отношение марганца к хрому более или равно 1,5.

Кроме того, должно соблюдаться соотношение между железом и кремнием - более или равно 1,5.

Дополнительное введение Mn - второго переходного элемента - антирекристаллизатора в регламентированном соотношении с Cr (при уменьшении нижнего предела содержания Cr), обеспечивает многостороннее положительное влияние на структуру и свойства предлагаемого сплава при производстве из него различных полуфабрикатов и эксплуатации изделий:

- предотвращение снижения трещиностойкости и пластичности в результате исключения появления вредных грубых включений первичных хромосодержащих интерметаллидов кристаллизационного происхождения, особенно при оптимальных концентрациях Mn и Cr (0,25-0,4% Mn; 0,1-0,16% Cr);

- повышение коррозионных свойств (сопротивления расслаивающей коррозии) в состоянии максимального упрочнения при фазовом старении в результате формирования мелкозернистой, тонковолокнистой и нерекристаллизованной структуры;

- повышение прочности за счет усиления эффекта субструктурного упрочнения, а также твердорастворного механизма.

Поддержание в сплаве небольшой концентрации железа в качестве легирующего элемента при жестком ограничении кремния и регламентации модифицирующей добавки титана позволяет:

- улучшить литейные свойства и возможность отливки крупных слитков в результате уменьшения склонности к горячеломкости;

- повысить характеристики трещиностойкости и пластичности за счет уменьшения доли, более равномерного распределения и утонения первичных интерметаллидов, а также измельчения зерна и антирекристаллизационного действия.

Примеры осуществления

Из сплавов, химический состав которых приведен в табл. 1, отливали полунепрерывным методом с охлаждением водой слитки диаметром 110 мм. Плавка выполнялась в электрической печи. После гомогенизации при температуре 460°C 24 ч слитки прессовали при 390 - 410°C на полосы сечением 12 x 75 мм. Часть полос нагревали до температуры 380 - 400°C и прокатывали на листы толщиной 6 мм. Заготовки из прессованных полос и горячекатаных листов закаливали с температуры 470°C (выдержка 50 мин) в холодной (20 - 25°C) воде. Спустя 3 - 4 ч после закалки заготовки подвергали искусственному старению на максимальную прочность по режиму 120°C, 24 ч.

Комплекс механических и коррозионных свойств изучали на образцах, вырезанных из полос и листов.

Механические свойства при растяжении (предел прочности и относительное сужение) определяли на круглых образцах с диаметром рабочей части 5 мм.

Трещиностойкость оценивали по удельной работе разрушения при ударном изгибе образца с усталостной трещиной (КСТ) в соответствии с ГОСТ 9454.

Коррозионную стойкость определяли по сопротивлению расслаивающей коррозии плоских продольных образцов по десятибалльной системе согласно ГОСТ 9.904 после выдержки в растворе HCl (135 г/л) + K₂Cr₂O₇ (20 г/л).

Горячеломкость сплавов оценивали по кольцевой технологической пробе (внешний диаметр кольца 60 мм, внутренний - 46 мм, высота - 20 мм). Показателем горячеломкости служило выраженное в процентах отношение основной трещины к периметру радиального сечения кольца, отлитого в стальную форму. Температура литья была 690°C.

Как свидетельствуют полученные и представленные в табл. 2 результаты, сплав предложенного состава позволил заметно улучшить технологичность при литье, повысить на ~ 20% показатели трещиностойкости, пластичности, коррозионной стойкости при обеспечении высокого уровня прочности.

Предложенный высокопрочный сплав позволяет повысить надежность, ресурс, весовую эффективность эксплуатации изделий. Сплав рекомендуется для производства всех видов полуфабрикатов: катаных (листы, плиты) и прессованных (панели, профили и др.), включая длинномерные из крупных слитков, а также кованые (штамповки, поковки) толщиной до 100 мм. Это дает возможность расширить номенклатуру используемых полуфабрикатов в изделиях, повысить экономичность технологических процессов производства полуфабрикатов и деталей.

Сплав предназначен в качестве конструкционного материала для основных силовых элементов планера самолетов

(обшивок, стрингеров, внутреннего набора и т.д.) и других изделий.

Литература

1. Промышленные алюминиевые сплавы. Справочное руководство. Под ред. И. Ф. Фридляндера и Ф.И. Квасова.- М.: Металлургия, 1984, ст. 124

2. Патент США, N -3, 791, 880, 12.02.1974.

3. Aluminum Standards and Data. The Aluminum Association, Washington, 1997, p.6-6.

Формула изобретения:

1. Высокопрочный сплав на основе алюминия системы Al-Zn-Mg-Cu, содержащий цинк, магний, медь, хром, железо, титан, кремний, отличающийся тем, что сплав дополнительно содержит марганец, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Цинк - 5,0 - 7,0
Магний - 1,8 - 2,8
Медь - 1,4 - 2,0
Хром - 0,1 - 0,25
Железо - 0,05 - 0,25
Титан - 0,005 - 0,07
Кремний - 0,02 - 0,1
Марганец - 0,2 - 0,6
Алюминий - Основа

при этом отношение марганца к хрому более или равно 1,5.

2. Высокопрочный сплав на основе алюминия по п.1, отличающийся тем, что отношение содержания железа к кремнию должно быть более или равно 1,5.

3. Изделие, выполненное из высокопрочного сплава на основе алюминия, отличающееся тем, что оно выполнено из сплава следующего химического состава, мас. %:

Цинк - 5,0 - 7,0
Магний - 1,8 - 2,8
Медь - 1,4 - 2,0
Хром - 0,1 - 0,25
Железо - 0,05 - 0,25
Титан - 0,005 - 0,07
Кремний - 0,02 - 0,1
Марганец - 0,2 - 0,6
Алюминий - Основа

при этом отношение марганца к хрому более или равно 1,5.

Таблица 1

Химический состав опробованных композиций заявленного и известного сплавов

№ сплавов	Zn	Mg	Cu	Cr	Mn	Fe	Si	Ti	Al
1	6,1	2,4	1,6	0,25	0,02	0,12	0,10	0,02	основа
2	5,0	1,8	1,4	0,1	0,2	0,05	0,02	0,005	основа
3	6,0	2,3	1,7	0,17	0,4	0,15	0,06	0,03	основа
4	7,0	2,8	2,0	0,25	0,6	0,25	0,10	0,07	основа
5	6,2	2,4	1,5	0,15	0,23	0,14	0,06	0,04	основа
6	5,8	2,3	1,6	0,24	0,39	0,13	0,05	0,04	основа
7	5,7	2,2	1,8	0,15	0,35	0,12	0,08	0,03	основа
8	5,2	2,0	1,4	0,15	0,46	0,08	0,05	0,05	основа
Примечание: сплавы №1 – прототип; №2-8 – заявляемые									

Таблица 2

Свойства известных и заявленных сплавов.

№№ сплавов	$\sigma_{\text{в}}$ МПа	ψ , %	КСТ, Дж/см ²	РСК, балл	Горячеломкость, %
1	535	17	5,4	9	55
2	540	22	7,4	7	47
3	565	21	7,0	6	45
4	590	20	6,8	6	45
5	555	22	7,2	7	40
6	570	20	7,1	6	45
7	560	21	7,2	6	46
8	550	22	7,4	5	48
Примечание: сплавы № 1 - прототип; № 2-8 - заявляемые					